

최종보고서(일반과제용)										보안등급	
										일반[☒], 보안[☐]	
중앙행정기관명	국토교통부				사업명	사업명		국토교통기술사업화지원			
전문기관명	국토교통과학기술진흥원					내역사업명					
공고번호	공고-제38호				총괄연구개발 식별번호		-				
					연구개발과제번호		20TBIP-C144472-03				
국가과학기술 표준분류	EI0408		50%	EH1406		30%	EI1102		20%		
총괄연구개발명	국문	-									
	영문	-									
연구개발과제명	국문	순환자원을 90%이상 활용하는 원가절감형 노후 저수지 보강용 지반고화재 상용화 및 제조시스템개발									
	영문	Commercialization and manufacturing system development of low-cost type soil stabilizer using Recycled Resources over used 90%									
주관연구기관	기관명	(주)대웅				사업자등록번호		417-81-341729			
	주소	(59601)전남 여수시 울촌면 여순로 827				법인등록번호		206211-0029641			
주관연구책임자	성명	윤성진				직위		연구소장			
	연락처	직장전화	070-4280-8235				휴대전화		010-3436-8416		
		전자우편	jiniyoon9@gmail.com				국가연구자번호		10058051		
연구개발기간	전체	2018. 04. 01 - 2021.06. 30(3년 3개월)									
	1년차	2018. 04. 01 - 2018. 12. 31(1년 9개월)									
	2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 12개월)									
	3년차	2020. 01. 01 - 2021. 06. 30(1년 5개월)									
연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원	기관부담		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
	연구개발비	연구개발비		자립자금		기타()					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	1,415,000	97,400	861,600	-	-	-	-	97,400	861,600	2,374,000	-
1년차	200,000	13,400	120,600	-	-	-	-	213,400	120,600	334,000	-
2년차	315,000	24,000	201,000	-	-	-	-	339,000	201,000	540,000	-
3년차	900,000	60,000	540,000	-	-	-	-	960,000	540,000	1,500,000	-
공동연구기관 등	기관명	책임자		직위	휴대전화		전자우편		비고		
									역할 기관유형		
공동연구기관	(주)지안산업		서세관	연구소장	010-3394-8528		ssg@gmail.com				
위탁연구기관											
연구기관 외 기관											
연구개발담당자 실무담당자	성명	임나영				직위		주임			
	연락처	직장전화	061-692-4777				휴대전화		010-3149-4042		
		전자우편	dw4777@hanmail.net				국가연구자번호		11661094		

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 08월 30 일

주관연구책임자 : 윤 성 진 (직인)

주관연구기관의 장 : (주)대웅 김 이 진 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요약 문 >

사업명		국토교통기술사업화 지원			총괄연구개발 식별번호		-		
내역사업명					연구개발과제번호		20TBIP-C144472-03		
국가과학기술 표준분류		EI0408	50%	EH1406	30%	EI1102	20%		
총괄연구개발명		-							
연구개발과제명		순환자원을 90%이상 활용하는 원가절감형 노후 저수지 보강용 지반고화재 상용화 및 제조시스템 개발							
전체 연구개발기간		2018. 04. 01. - 2022. 06. (3년 6개월)							
총 연구개발비		총 2,374,000 천원 (정부지원연구개발비 : 1,415,000천원, 기관부담연구개발비 : 959,000천원, 지방자치단체 : 천원, 그 외 지원금 : 천원)							
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[☒] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도		착수시점 기준(6) 종료시점 목표(8)		
연구개발과제 유형		지정공모 [☒] 자유공모 []							
연구개발과제 특성		실용화							
연구 개발 목표 및 내용	최종 목표		순환자원을 90% 이상 활용하는 원가절감형 노후저수지 보강용 지반 고화재 상용화 및 제조시스템 개발						
	전체 내용		재활용율이 저조한 비철 정련슬래그 및 순환자원을 90%이상 활용하고, 친수환경에 유해한 중금속 물질을 용출시킬 수 있는 보통포틀랜드시멘트(OPC)의 사용을 배제하는 환경 친화적이고 원가경쟁력을 확보한 지반고화재를 개발하고, 노후저수지 보강공법에 적용하여 개발제품의 사업화를 성공적으로 이루고자 한다.						
	1년차	목표	비즈니스모델수립 기존 기술 개선 및 검증 개발기술 적용성 검증 및 검증용 장비 제작						
		내용	비즈니스 모델 수립, 매입원가표 및 배합표 제시 시제품 제조기술 개발, 시제품 안전성 검증 지반고화재 납품 현장을 활용한 시험시공(현장시공성 검증) 개발기술의 실험 실 및 현장검증을 위한 장비 제작						
	2년차	목표	대량양산체계 시범구축 개발기술 개선 및 검증 및 적용성 검증 마케팅 및 홍보 전략 수립						
		내용	개발 제품 생산을 위한 pilot plant 설치 친수환경에서의 장기 성능 평가, 환경조건에 따른 장기 성능 평가 및 다양한 지반조건에 대한 프로그램 해석 실시 시험시공, 외부기관을 통한 현장 성능 평가 및 장기모니터링 마케팅 전략 수립 및 양산, IR 자료 작성, 녹색기술 인증 획득						
	3년차	목표	판로개척, 범용성 및 적용성 검증, 개발 기술 평가						
		내용	개발 기술의 다양한 지반 보강공법 및 OPC 대체 적용성 검토 개발 기술의 타 공법 적용 및 성능 평가 시험 시공 현장의 장기 모니터링 및 인증 신청						
연구개발성과		1. 노후저수지 보수·보강 시공시 원가 절감 및 저수지 사용기간 연장 2. 재활용율이 낮은 저급 순환자원의 새로운 부가가치 창출 및 자원화 3. 친수환경에서 환경영향을 최소화하는 원가절감형 보강재료 개발 4. 기존 보강공법 원가절감 확보. 5. 무시멘트 상온 지반고화재 제조기술 상용화 6. 개발 지반고화재의 타공법 확대적용 가능							
연구개발성과 활용방안 및 기대효과		1. 본 기술개발로 인하여 저활용 순환자원이 새로운 부가가치를 창출할 수 있으며, 기존 노후 저수지 사용 보강재료에 비하여 가격경쟁력과 친수환경에 환경부하가 적은 재료개발이 가능함. 2. 순환자원을 단순 혼합/가공하는 수준에서 벗어나, 각각의 특성을 가진 원료를 공정 처리를 통해 가공하고 최적비율로 조합하여 고기능성 소재로 개발이 가능하여, 즉, 순환자원을 복합적으로 사용하고 단순한 물리적 치환이 아닌 이들의 화학적 결합을 유도하여 기존 시멘트 대체 기술 확립가능.							

연구개발성과 활용방안 및 기대효과	3. 기존 시멘트 대신에 연약지반의 보강하는 기술은 선진국에서도 개발된 적이 없는 국내 고유기술로서 향후 더욱 더 지반에 대한 환경 안정성이 부각되는 시점에 반드시 필요한 소재가 될 것으로 예상되어 향후 동남아시아등 해외로 기술 이전이 가능할 것으로 판단됨.											
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음											
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
	1	2		1		6						
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설· 장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호			
국문핵심어 (5개 이내)	순환자원		노후저수지		무시멘트		지반고화재					
영문핵심어 (5개 이내)	Circulation Resources		Aged Reservoir		Non-cement		Soil Stabilizer					

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용	5
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도	6
4. 목표 미달 시 원인분석(해당사항 없음)	16
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	17
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	18
참고문헌	19

별첨자료

부록 1. 상세보고서

부록 2. 비즈니스모델 및 마케팅전략 보고서(전문가 검증의견 첨부)

부록 3. 기술가치 평가 보고서

부록 3. 성과증빙

부록 4. 시험시공 증빙

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

구분	내용
최종 목표	순환자원을 90%이상 활용하는 원가절감형 노후 저수지 보강용 지반고화재 상용화 및 제조시스템 개발
세부 목표	- 순환자원을 90%이상 활용하는 원가절감형 지반고화재 개발 - 비철금속 슬래그를 10%이상 적극 활용하는 원가절감형 지반고화재 개발 - 총순환자원 활용률 90%이상 활용 확보 - 기존 시멘트계 제품대비 동등 이상의 품질성능 확보 - 시멘트계 제품 대비 80%이하 원가 경쟁력 확보 - 환경 기준 성능 확보 - 개발 지반고화재 제조시스템 개발 - 비철금속 슬래그 발생처별 발생원별 DB구축 - 비철금속 슬래그 전처리 시설 확보 - 개발 지반고화재 PILOT PLANT 설치 및 시제품 생산(10ton/hr) - 생산 시제품의 품질안정화 방안 확립 - 개발 지반고화재의 저수지 보강공법의 실내 및 현장 적용성 검증 - 다양한 저수지 보강공법별 적용방안 및 적용성능 검증 - 원심모형시험 및 진동대 모형시험을 통한 적용성능 검증 - 노후 저수지 현장 적용성 검증 및 모니터링 실시 - 개발 지반고화재의 공인성능인증 획득 - 실내시험 및 현장적용을 통한 결과를 토대로 녹색인증 및 환경표지 등의 객관적인 공인성능인증 획득

○ 사업화 대상 기술의 개념도

<개발 지반고화재의 청정제조공정 모식도>

NaOH, KOH 및 톳유리계 알칼리 자극제 사용에 따른 정제성 전멸, 작업장 작업자의 화상, 급격히 빠른 세정능력, 자극제 잉여량의 높은 pH로 주변 환경오염에 심각한 수문

<기존 알칼리 자극제 사용의 부작용>

- 개발 지반고화재 제조시 **고온의 소성(1,400℃)과정이 필요 없는 청정제조공정으로 개발제품**을 생산할 수 있으며, 환경적으로 검증된 순환자원을 활용하여, 기존 노후 저수지 보강의 주재료인 시멘트의 6가크롬 용출 및 **친수환경에 대한 환경부하에 대하여 원천적으로 대응**할 수 있음.
- 고가의 기존 액상형 알칼리 자극제(규산소다, 소듐 실리케이트, 규산 칼륨 등)의 전량 대체 기술을 확보하여, **고가의 시약류 자극제가 아닌, 저가의 순환자원인 Free CaO가 다량 함유된 발열성 연소재**를 슬래그의 알칼리 및 황산염 복합 자극제로 활용하는 기술로 원가절감형 지반고화재 제조기술임.

○ 국내외 유사기술과 수준 비교

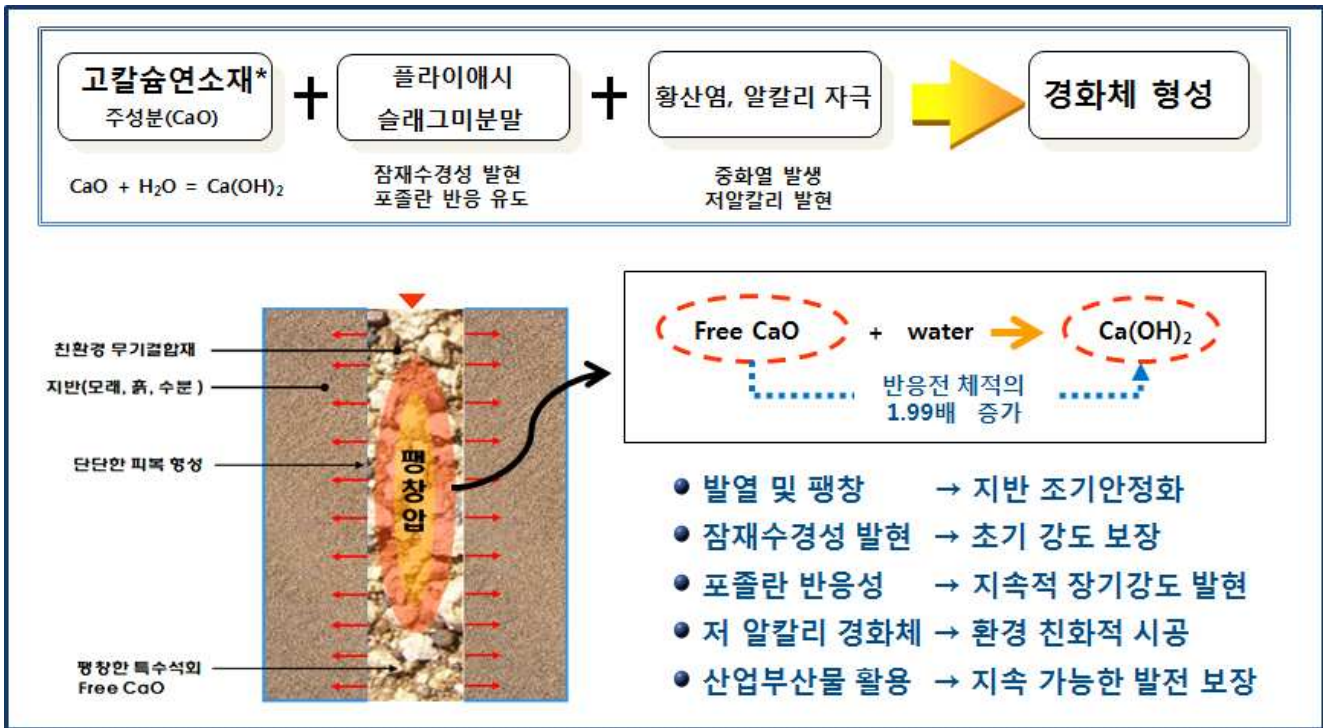
구 분	개발제품	기존제품(OPC)
▪ 기능/성능	투수계수 $4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ (이하)	투수계수 $4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ (이하)
▪ 장점	■ 순환자원 사용으로 환경보호 ■ 순환자원 활용으로 경제성 확보 ■ 비 소성공정으로 온실가스 배출 배제 ■ 수변지역 중금속 용출 우려 없음	■ 전국 동일 단가 적용 ■ 적용실적 다수
▪ 단점	■ 원거리 납품 시 운송비 과다 우려 ■ 수요자 인식 부족	■ 생산과정에서 온실가스 다량배출 ■ 수변지역 사용시 중금속 용출 가능 ■ 낮은 경제성
▪ 경제성 (납품가)	60,000(원/톤)	75,000(원/톤)

○ 사업화 대상 기술의 우수성에 대한 상세 설명 및 근거

- 개발 지반고화재의 주원료는 유리석회(Free CaO) 및 SO₃가 다량 함유된 저품위 플라이애시로 기존 콘크리트 혼화재로 사용되는 상품위 플라이애시(F급) 기준(KS L 5405)에 부적합한 순환자원이며, 이에 따라 그 활용처가 매우 제한적인 단점이 있음.
- 그러나 유리석회(Free CaO) 및 SO₃가 다량 함유된 플라이애시를 제철산업 순환자원인 고로슬래그와 함께 지반에 사용하게 되면 고로슬래그의 잠재수경성을 발현시키는 자극제로 적용이 가능하며, 강도발현에 필수적인 에트린자이트의 생성을 촉진하게 되어 지반의 강도개선이 가능하게 됨.
- 저품위 플라이애시와 제철산업 순환자원이 고로슬래그를 활용하여 지반보강공사에 대량적용이 가능하며, 자원순환사회 구축에 일조할 수 있을뿐만 아니라, 저가의 순환자원을 사용하여 원가절감형 지반보강용 고화재 제조가 가능함.

<KS L 5405 플라이애시의 품질기준>

항목	종 류			
	플라이애시 1종	플라이애시 2종	플라이애시 3종	플라이애시 4종
이산화규소(%)	45.0 이상	45.0 이상	45.0 이상	45.0 이상
수분(%)	1.0 이하	1.0 이하	1.0 이하	1.0 이하
강열감량(%)	3.0 이하	5.0 이하	8.0 이하	5.0 이하
밀도(g/cm ³)	1.95 이상	1.95 이상	1.95 이상	1.95 이상
유리 CaO	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하	2.5 이하
반응성 CaO	10 이하	10 이하	10 이하	10 이하
SO ₃ (%)	3.5 이하	3.5 이하	3.5 이하	3.5 이하



<기술개발 제품의 지반고화 메커니즘>

2) 연구개발과제의 년차별 목표

구분 (연도)	사업화 목표	사업화 전략 및 방법	성과물
1차 연도 (2018)	■ 비즈니스모델 수립	■주관연구기관((주)대웅)에서 외부 위탁용역을 통한 비즈니스 모델 수립 ■매입원가표 및 배합표 제시	■BM 보고서 1부
	■ 기존기술 개선 및 검증	■주관연구기관((주)대웅)에서 외부 전문기관을 통한 시제품 제조기술 개발 ■공동연구기관((주)지안산업)에서 외부 전문기관을 통한 시제품 안전성 검증	■공인시험성적서 ■매출액 5억 달성
	■ 개발기술 적용성 검증	■주관 연구기관((주)대웅)에서 지반고화제 납품 현장을 활용한 시험시공 2회(현장시공성 검증) ■공동 연구기관((주)지안산업)에서 지반고화제 납품 현장을 활용한 시험시공 4회(현장시공성 검증)	■시험시공 사진 ■공인시험성적서
	■ 개발기술 검증용 장비제작	■주관 연구기관((주)대웅)에서 개발기술의 실험실 및 현장검증을 위해 장비제작	■시험장비 견적서 ■시험장비 설계도 ■시험장비 사진
2차 연도 (2019)	■ 대량양산 체계 시범구축	■정부출연금 18백만원과 자체부담금 62백만원 등 총 80백만원을 투입하여 주관연구기관((주)대웅)에 개발제품 생산을 위한 PILOT PLANT 설치	■PILOT PLANT 구축
	■ 개발기술 개선 및 검증	■공동 연구기관((주)지안산업)에서 외부 전문기관을 통한 산성, 염기 건설 반복 환경등 극한 환경에서 개발기술의 성능 평가 ■공동 연구기관((주)지안산업)에서 외부 전문기관을 통한 친수환경에서의 개발기술의 장기 성능 평가	■공인시험성적서 ■매출액 10억 달성
	■ 개발 기술 적용성 검증	■공동 연구기관((주)지안산업)에서 지반고화제 납품 현장을 활용한 시험시공과 외부 전문기관을 통한 현장성능 평가 및 장기모니터링	■시험시공 사진 ■공인시험성적서 ■계측보고서
	■ 마케팅 및 홍보	■주관 연구기관((주)대웅)에서 전문 컨설팅사에 의뢰하여	■마케팅 전략 및

	전략 수립	마케팅 전략 수립 및 양산, IR자료 작성 ■주관 연구기관((주)대웅)에서 개발제품의 녹색기술인증 획득	IR 보고서 ■녹색기술인증
3차 연도 (2020)	■ 개발 기술 판로개척	■주관 연구기관((주)대웅)에서 외부 전문기관을 통한 개발기술의 다양한 기반보강공법 시멘트(OPC)대체 적용성 검토 ■주관 연구기관((주)대웅)에서 개발기술의 해외 기술이전 및 제품수출 방안 확립 및 홍보	■공인시험성적서 ■매출액 15억 달성
	■ 개발 기술 범용성 검증	■주관 연구기관((주)대웅)에서 외부 전문기관을 통한 개발기술의 타 공법(공동채움재, 콘크리트 2차제품 등) 적용 시 성능 평가	■공인시험성적서
	■ 개발 기술 평가	■주관 연구기관((주)대웅)에서 외부 전문기관을 통한 개발기술의 기술가치 평가	■기술가치평가서
	■ 개발 기술 적용성 검증	■공동 연구기관((주)지안산업)에서 2차년도 에 기반고화제 납품 현장을 활용한 시험시공의 외부 전문기관을 통한 장기모니터링	■계측보고서
	■사업화 관련 인증 신청(예정)	■주관 연구기관((주)대웅)에서 신기술(NET) 인증 등 인증신청	■공인인증서

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내·외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	지반고화제 개발	고화토 투수계수	-	$4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 이하	KSF2322	3
		개발고화제 체적 수축율	-	1%미만		2
		호모겔 압축강도	-	2MPa 이상	KSF2405	2
		개발고화제의 환경영향성 평가	-	생존율 80%이상	KSI3217	2
			-	고화제 중금속 용출 (기준치 이내)	폐기물공정시험 기준	
			-	고화토 토양오염공정시험 (기준치 이내)	토양오염공정시험기 준	
2년차 (2019)	개발고화제의 성능평가 (상용화제품)	투수계수	-	$4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 이하	KSF2322	7
		호모겔 압축강도	-	2MPa 이상	KSF2405	
	개발고화제의 환경영향성 평가 (상용화제품)	어독성 평가	-	생존율 80% 이상	KSI3217	7
		호모겔 중금속 용출	-	기준치 이내	폐기물공정시험 기준	
		호모겔 토양오염공정시험	-	기준치 이내	토양오염공정시험기 준	
3년차 (2020)	개발 고화제의 성능평가 (현장적용제품)	현장투수계수	-	$4 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 이하	KSF2322	5
		현장호모겔	-	2MPa이상	KSF2405	
		유동성(적용처 확대 공동채움재)	-	60sec 이내	KSF4044	
		수중불분리성 확보 (적용처 확대 공동채움재)	-	탁도 50 NTU이하	먹는물 수질공정시험기준 (국립환경과학원고시 제 2021-15)	
	개발 고화제의 환경영 향성 평가 (현장적용 제품)	어독성 실험 (적용처 확대 공동채움재)	-	생존율 80%이상	KSI3217	5
		중금속 용출 (적용처 확대 공동채움재)	-	기준치 이내	폐기물 공정시험 기준*1	
		고화제 토양오염 공정시험 (적용처 확대 공동채움재)	-	기준치 이내	토양오염 공정시험 기준*2	

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 상세 보고서 및 성과 증빙자료 별첨.

* 개발 제품의 노후저수지 현장시험시공 시공_관련 보고서 별첨

순환자원을 활용한 개발 제품의 현장 적용성 및 제품의 성능을 검증하고자 노후 저수지 3곳을 대상으로 현장 시험시공을 실시하였음.

적용 노후저수지 : 2차년도 전북 완주군 소양면 일임제 /

3차년도 전북 고창군 매사제, 전북 고창군 죽림제

적용 결과 우수한 차수 성능 및 보강효과를 확인하였으며, 해당 노후 저수지에 대하여 지속적으로 전기 비저항시험을 통하여 적용효과에 대하여 모니터링을 실시하였음.

* 개발 제품의 현장시험시공 시공 및 납품진행_매출실적 자료 별첨

공동연구기관인 (주)지안산업에서 개발 순환자원 활용 개발제품에 대하여 전남 완도군에 시험시공을 실시하고, 현재 약액주입공용 주입재로 현장에 납품을 실시하고 있으며, 개발 제품의 납품 및 매출에 관한 실적 자료 별첨하여 제출하였음.

* 개발 제품의 적용처 확대를 위한 현장시험시공 시공_관련 보고서 별첨

개발제품에 대하여 연약지반 및 비탈면 개량재로 적용을 확대하고자, 공동연구기관 (주)지안산업의 임대공장이 위치하고 있는 충남 보령시 청소면에서 표층 및 비탈면 개량공법을 OPC와 비교하여 현장시험시공을 실시하였으며, 시험결과 식생발아율 및 평판재하시험에서 동등이상의 성능을 보이는 것으로 나타나, 현장적용이 가능할 것으로 확인되었음(2차년도).

또한, 공동주택 신축공사 현장(김포 마송지구 B2BL)을 대상으로 개발 장비 및 제품에 대하여 현장시험시공을 실시하고 지내력시험을 실시한 결과 현장 요구성능을 만족하고 있음을 확인하였음(3차년도).

개발제품에 대하여 저강도 고유동 채움재로 적용을 확대하고자 공동연구기관 (주)지안산업의 임대공장이 위치하고 있는 충남 보령시 청소면에서 CLSM 시험시공을 실시하였음.

* 개발 제품의 품질 성능 평가 및 인증 획득

개발 제품에 대하여 현장시험시공 결과를 바탕으로 3차년도에 연약지반 표층 및 비탈면 안정화처리가 가능한 지반안정재로 녹색기술인증 및 환경표지 인증을 취득하였음.

관련 공인기관시험성적서 증빙

* 마케팅 전략 및 비즈니스모델 수립

외부 위탁 용역을 통한 마케팅 전략 및 비즈니스 모델을 수립하였으며, 이에 대한 보고서 첨부 제출. 보고서 전문가 검증 완료

* 기술가치 평가 실시_ 보고서 별첨

등록특허 2건에 대한 기술가치 평가액 : 503백만원

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과 - 성적서 별첨

평가 항목(주요성능)	단위	연구개발 목표치	달성치
고화재 투수계수	cm/sec	4*10 ⁻⁶ cm/sec이하	1.2*10 ⁻⁸ cm/sec
개발고화재 체적 수축율	%	1%미만	0%
호모겔 압축강도	MPa	2MPa이상 (실내, 현장)	9.5MPa
유동성(적용처확대공동채움재)-호모겔타입	sec	60sec이내	40.90sec
수중불분리성 확보(적용처확대 공동채움재)	NTU	탁도 50 NTU 이하	25.4
어독성(개발 지반고화재 및 공동채움재)	%	생존율 80%이상	생존율 100%
고화재 중금속 용출 (개발 지반고화재 및 공동채움재)	mg/L	폐기물공정시험 기준 이내	기준치 만족
고화토 토양오염 공정시험 (개발 지반고화재 및 공동채움재)	mg/kg	토양오염 공정시험 기준 (토양오염 우려기준 1지역)	기준치 만족

(2) 정량적 연구개발성과

- 증빙자료 별첨

구분	성과지표명		목표치	달성치
경제적 성과	사업화/제품화(매출실적)		매출액 3,000백만원	매출액 5,213백만원(11건)
기술적 성과	특허	출원	4건	4건
		등록	2건	2건
	소프트웨어(S/W)		0건	6건
	신기술지정 (제품인증, 품질인증 등 포함)		1건(신청)	3건(획득) 1건(신청)
	시작품제작		4건	8건
학술적 성과	국내외 학술지 게재 (일반학술지)		-	4건
기타성과	국내외 학술회의 발표		-	4건
	현장시험 및 검증		-	19건
	인력양성		-	1건
	포상		-	2건

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

☐ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	노후 저수지 보강을 위한 환경 친화적 그라우팅 주입재 적용에 관한 기초 연구	한국농촌 건축학회	임양현	21(2)	대한민국	한국농촌 건축학회	비SCIE	2019.06.30	1229-2532	80
2	순환자원 활용 기반차수재의 노후저수지 보강 적용사례 및 성능검증에 관한 연구	한국농촌 건축학회	서세관	22(3)	대한민국	한국농촌 건축학회	비SCIE	2020.08.31	1229-2532	40
3	표층안정재를 사용한 노후 농업용 저수지의 보강효과 분석에 관한 연구	한국지반 신소재 학회	조대성	19(2)	대한민국	한국지반 신소재 학회	비SCIE	2020.06.30	2287-9528	40
4	표층안정재로 보강된 노후 저수지의 보강효과 분석에 관한 연구	한국지반 환경공학회	서세관	21(9)	대한민국	한국지반 환경공학회	비SCIE	2020.09.30	2714-1233	80

☐ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2018 대한토목학회 정기학술대회	순환자원을 90%이상 활용한 노후 저수지 보강용 지반고화재 개발 연구	서세관	2018.10.19	경주화백 컨벤션센터	대한민국
2	2018 대한토목학회 정기학술대회	순환자원을 90%이상 활용한 지반고화재의 내해수성 비교연구	서세관	2018.10.18	경주화백 컨벤션센터	대한민국
3	2018 대한토목학회 정기학술대회	순환자원을 90%이상 활용한 노후 저수지 보강용 지반고화재 실용화 연구	박영준	2018.10.19	경주화백 컨벤션센터	대한민국
4	2020 한국폐기물자원순환학회 춘계학술연구발표회	사용수에 따른 약액그라우팅 호모젤의 압축강도 비교연구	서세관	2020.06.18	원주오크밸리 리조트	대한민국

☐ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식

☐ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호

☐ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

☐ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	압밀그라우팅 공법용 건조 모르타르 조성물 및 이를 이용한 압밀 그라우팅 공법	KR	(주)대웅, (주)지안산업	2018.10.17	10-2018- 0123991	(주)대웅, (주)지안산 업	2019. 09.05	10- 2021116	100	
2	특허	지반보강 압밀 그라우팅 공법용 건조모르타르 조성물 및 이를 이용한 지반 압밀그라우팅 공법	KR	(주)대웅	2019.11.14	10-2019- 0145844				100	
3	특허	건조 모르타르 조성물 및 이를 이용한 압밀 그라우팅 공법	KR	(주)대웅, (주)지안산업	2019.11.15	10-2019- 0146295	(주)대웅, (주)지안산 업	2020. 07.21	10- 2138008	100	
4	특허	다단 사일로 및 그를 이용한 다단 지반 보강 공법	KR	(주)대웅, (주)지안산업	2021.06.30	10-2021- 0855299				100	

○ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
1	√	√	√								
2	√	√	√								
3	√	√	√								

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	순환자원 XRF 분석프로그램	2019.02.28	임양현	2019.03.19	C-2019-007915	(주)대웅	100
2	다층 지층에서의 평균강도정도 산정 프로그램	2020.09.17	윤성진	2020.09.22	C-2020-032529	(주)지안산업	100
3	말뚝기초가 설치되는 지반에서의 지층응력 산정 프로그램	2020.09.23	윤성진	2020.09.28	C-2020-033192	(주)지안산업	100
4	노후 저수지 대상 흙 재료의 분류 프로그램	2020.09.29	윤성진	2020.10.08	C-2020-034462	(주)지안산업	100
5	흙의 기본적 특성에 따른 공학적 등급평가 프로그램	2020.10.02	윤성진	2020.10.08	C-2020-034463	(주)지안산업	100
6	이론적 방법에 의한 매입말뚝의 지지력 산정 프로그램	2020.10.03	(주)지안산업	2020.10.08	C-2020-034464	(주)지안산업	100

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
1	녹색기술인증	환경산업기술원/환경 부	해양 및 연약지반 혼합처리 개량공법용 고화재 제조 기술	GT-19-00784	2019.12.27	KR
2	녹색기술인증	환경산업기술원/환경 부	철강부산물을 이용한 연약지반 처리용 지반고화재 제조 기술	GT-20-00905	2020.07.16	KR
3	환경표지인증	환경산업기술원/환경 부	지반차수재(DWM-So il 300)/슬래그 재 활용 지반 차수 주입재	22363	2020.07.02	KR
4	신제품 인증	한국산업기술 진흥협회	지반차수 및 보강용 고화재	신청 완료(2021. 07. 23)		KR

☐ 표준화

○ 국내 표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자

○ 국제 표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자

[경제적 성과]

☐ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	지반고화재C	2018.08.01	(주)대웅, (주)지안산업	전북 김제시	표층 연약지반 개량용 지반고화재			
2	지반고화재A	2018.08.01	(주)대웅, (주)지안산업	전북 익산시	중금속용출방지용 지반고화재			
3	지반고화재B	2018.08.01	(주)대웅, (주)지안산업	경기도 광명	다용도 지반고화재 (노후저수지 보수보강용 지반고화재)			
4	초미립분 싸이클론 포집장치	2018.11.09	삼영규사(주)	(주)대웅	개선제품 생산을 위한 초미립분 선별 및 포집			
5	순환자원을 활용한 노후 저수지 보강용 교반이송장치	2018.11.30	나라정밀	(주)대웅	실내시험 및 현장 검증			
6	지반고화재_완도	2019.08.14	(주)대웅, (주)지안산업	전남완도군	지반차수용 고화재			
7	초미립분 저장장치	2019.08.19	우리산업기계	(주)대웅	개선제품 생산을 위한 초미립분 저장 장치			
8	노후저수지 보강용 지반고화재	2019.10.23	(주)대웅, (주)지안산업	전북 완주	노후저수지 보강용			

☐ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)

☐ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)

☐ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	지반 차수재 및 고화재	2018	860,071	-	860,070	고화재 납품액
2	지반 차수재 및 고화재	2019	2,546,015	-	2,546,014	
3	지반 차수재 및 고화재	2020	1,807,610	-	1,807,610	
합계			5,213,696	-	5,213,696	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			사업화 기술 제품 판매		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		1,500,000천원		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			4,000,000	4,500,000	5,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0.34	0.51	0.68
		국외	-	-	-
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		그라팅용 지반고화재, 콘크리트 2차제품용 고화재, CLSM용 고화재			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
	수 출				

☐ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			2019년	2020년	
1	고화재 제조	(주) 대응	0	6	6
2	시공 및 검증	(주)지안산업	0	4	4
합계			0	10	10

☐ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	6
		생산인력	8
	개발 후	연구인력	7
		생산인력	9

☐ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
합계				

☐ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도							
기대 목표							

☐ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)

☐ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

☐ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

☐ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

☐ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

☐ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)

☐ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학위취득	2018	1				1					1	

☐ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

☐ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)

☐ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

☐ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

☐ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
1	학회 우수논문상	우수논문상	우수논문 선정	임양현	2019.11.10	한국농촌건축학회
2	학회 우수논문상	우수논문상	우수논문 선정	서세관	2018.10.19	대한토목학회

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

○

-

○

-

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성)

○

-

○

-

2) 목표 달성 수준

연구 개발 목표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 순환자원을 90%이상 활용하는 원가절감형 지반고화재 개발 - 비철금속 슬래그를 10%이상 적극 활용하는 원가절감형 지반고화재 개발 - 순환자원 활용률 90%이상 활용 확보 - 기존 시멘트계 제품대비 동등 이상의 품질성능 확보 - 시멘트계 제품 대비 80%이하 원가 경쟁력 확보 - 환경 기준 성능 확보	○ 원가 절감형 지반 고화재 개발 - 비철금속 슬래그 50% 및 산업부산물 활용한 지반 고화재 배합비 도출 및 성능 평가 완료 : 개발 제품 공인기관 시험의뢰 및 성적서 발급 : 작업지시서 별첨 - 개발 제품 환경기준 성능 확보 : 개발 제품 공인기관 시험의뢰 및 성적서 발급 -제품의 제조 원가 및 판매 단가 65,000원/톤 시멘트(88,000원/톤) 대비 74% 원가 절감 가능	100
○ 개발 지반고화재 제조시스템 개발 - 비철금속 슬래그 발생처별 발생원별 DB구축 - 비철금속 슬래그 전처리 시설 확보 - 개발 지반고화재 PILOT PLANT 설치 및 시제품 생산(10ton/hr) - 생산 시제품의 품질안정화 방안 확립	○ 개발 지반고화재 제조시스템 개발 - 프로그램 개발을 통한 제품의 품질안정화 방안 확보 : 개발 프로그램 저작권 등록 완료 - 비철금속 슬래그 및 활용 산업부산물 전처리 설비 개선 및 보완 완료 -개발 지반 고화재 pilot plant 설치 완료	100
○ 개발 지반고화재의 저수지 보강공법의 실내 및 현장 적용성 검증 - 다양한 저수지 보강공법별 적용방안 및 적용성능 검증 - 원심모형시험 및 진동대 모형시험을 통한 적용성능 검증 - 노후 저수지 현장 적용성 검증 및 모니터링 실시	○ 노후 저수지 보강공법의 현장시험 및 검증 실시 - 노후저수지 보강 시험시공 3건 - 시제품 현장적용성능 평가 7건 -개발 고화재의 환경성능 평가 및 성능 평가 실시	100
○ 개발 지반고화재의 공인성능인증 획득 - 실내시험 및 현장적용을 통한 결과를 토대로 녹색인증 및 환경표지 등의 객관적인 공인성능인증 획득	○ 공인성능 인증 획득 -환경표지 인증 획득(제22363호) -녹색기술 인증 획득 (제GT-10-00784호, 제GT-20-00905호) ○ 신제품 신청(2021-03회차)	100

최종성과 점검기준표

구분	핵심연구성과 (level 1)	단위성과 (level 2)	총괄 실적 성과					해당 기관	총괄 양적 목표						
			질적 성과지표	목표치	측정방법	달성치	검증방법		목표치	달성치					
총괄	순환 자원을 90% 이상 활용 하는 원가 절감형 지반고화 재 개발	지반 고화 재 개발	개발고화 재의 사업화 효율 증진	수익 흐름에 따른 비즈니스 모델 제시	비즈니스모 델보고서	완료	전문가 집중	주관	특허: 출원 4건 등록 2건 시제품: 4건 SW: 0건 매출액 2,000백만원 신규고용 1명 신기술인증 1건 비즈니스모델 수립 1건 마케팅전략 도출 1건 기술치평가 1건	특허: 출원 4건 등록 2건 시제품: 8건 SW: 1건 매출액 5,125백만원 신규고용 2명 신기술인증 3건 비즈니스모델 수립 1건 마케팅전략 도출 1건 기술치평가 0건					
				마케팅전략 도출	마케팅 전략 보고서	완료									
				가치평가 도출	기술가치 평가보고서	완료									
			개발 고화재의 성능 평가	투수계수 4*10 ⁻⁶ cm/sec이하	KSF2322	1.2*10 ⁻⁸ cm/sec	공인시험 성적서								
				개발고화재 체적 수축율 1%미만	KSF2433	0%									
				호모겔 압축강도 2MPa이상 (실내, 현장)	KSF2405	9.5MPa									
				유동성 60sec이내 (적용처확대 공동채움재)	KSF4044	40.9sec									
				수중불분리성 확보 (적용처확대 공동채움재)	탁도 50 NTU이하	25.4NTU									
			개발 고화재의 환경 영향성 평가	생존율 80% 이상(개발 지반고화재 및 공동채움재)	KSI3217	생존율 100%	참여								
				고화재 중금속 용출 (개발 지반고화재 및 공동채움재)	폐기물 공정시험기준	기준치 만족									
				고화토 토양오염 공정시험(개발 지반고화재 및 공동채움재)	토양오염 공정시험기준	기준치 만족									
			계											특허: 출원 4건 등록 2건 시제품: 4건 매출액 3,000백만원 신규고용 2명 신기술인증 1건	특허: 출원 4건 등록 2건 시제품: 8건 매출액 5,213백만원 신규고용 3명 신기술인증 3건

4. 목표 미달 시 원인분석-해당사항 없음.

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○	
-	
○	
-	

2) 자체 보완활동

○	
-	
○	
-	

3) 연구개발 과정의 성실성

○	
-	
○	
-	

--	--

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 유효자원 활용을 향상
 - 기존의 저수지 보강공법에는 주로 OPC를 사용한 약액 주입공법이 적용되었으나, 본 연구개발을 통해 시멘트를 100% 대체할 수 있는 원가 절감형 결합재의 개발 및 상용화를 달성하였음.
 - 개발 제품은 고로슬래그 미분만 등의 비결정질 물질과 Free CaO가 다량 함유된 제철 사업부산물을 원료로 사용하고, 별도의 소성공정이 필요 없는 단순 혼합 공정의 청정공정으로 제품생산이 가능하며, CO₂ 저감 및 산업부산물인 순환자원의 재활용에 따른 환경적 부하 감소 및 새로운 부가가치 부여가 가능함.
 - 본 개발 제품은 시멘트를 사용하지 않고 비철금속슬래그를 50%이상 주원료로 사용하고 있으며 기타 원료 또한 산업부산물을 사용함으로써 천연자원을 최소화하고 순환자원(유효자원) 재활용율이 90% 이상임.
- 생산 에너지 절감 및 온실가스 배출 최소화
 - 개발 제품의 제조공정이 전처리-배합-계량-혼합-제품화(출하)로 단순 공정으로 구성되기 때문에 시멘트 제조 공정의 소성공정이 생략되어 제품 제조에 필요한 에너지 감소 효과 및 CO₂ 발생량 저감효과를 기대할 수 있음.
 - 개발 제품의 제조 공정 중 필요한 연료는 전력으로 석탄, 석유, 전력 등을 복합적으로 사용하는 시멘트에 비해 에너지 절감이 가능함.
 - 시멘트 1톤 제조시 총 필요 연료량은 석탄류 85.6kg, 석유류 16.9L 및 전력량 45.0 kWh/ton 임. 이에 비해 개발 제품의 제조를 위한 필요한 연료는 전력으로 제품 1톤 생산당 2.3kWh/ton(생산공장 월별 제품 생산량 대비 전력 사용량 기준)이 소요되므로 전력량만을 기준으로 할 때 약 95%의 에너지 절감이 가능함.
 - 생산과정 중 소성공정이 필요없어 소성과정 중 발생하는 CO₂ 발생량을 줄일 수 있음. 국내 시멘트 생산량(5,700만톤 기준)의 1% 대체시 약 54만톤의 CO₂ 배출량 감축 목표 달성 가능함.
 - 시멘트를 대체한 개발 제품 사용에 따른 온실가스 감축량 산출 근거

구 분		산출근거	비 고
시멘트 온실가스 배출량		• 포틀랜드 시멘트를 제조 하기위한 원료의 생산에 따른 생석회 소성 및 혼합설비 등의 에너지 사용량 • 산출식 : 0.944 kg CO₂e/kg	• 국가 LCI • 데이터베이스
고화재 온실가스 배출량	슬래그 분쇄	• 슬래그 분쇄에 따른 분쇄설비 및 운송에 따른 전기 사용 • 산출식 : 탄소배출계수 0.0255 kg CO₂e/kg	• 2006년 IPCC 가이드라인 온실가스 산정 방법론
	플라이 애쉬 정제	• 바닥재 분쇄 및 선별 따른 설비의 전기 사용 • 산출식 : 탄소배출계수 0.0196 kg CO₂e/kg	
	소계	• 산출식 : 0.0255 + 0.0196 kg CO₂e/kg = 0.0451 kg CO₂e/kg	
최종 온실가스 감축량		• 시멘트 사용량을 고화제로 대체하였을 경우 고화제 제조에 따른 배출량에 시멘트 미사용에 따른 감소분을 합산한 양으로 산출 • 산출식 : (0.0255 + 0.0196) - 0.944 kg CO₂e/kg = 0.8989 kg CO₂e/kg	• 산출근거에 • 따라 추정

6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

○ 연구개발 성과

- 비철금속 슬래그 및 재활용율이 낮은 순환자원의 적정 전처리를 통해 노후 저수지 보강용 고화재의 개발을 완료하였으며, 순환자원의 전처리 설비 개선 및 품질 안정화 방안 확보 등을 통해 균질한 품질의 제품을 대량 생산할수 있게 되었으며, 생산한 제품의 시험 시공을 통해 품질성능 및 시공성능, 환경안정성 등을 검토 완료하였음.

○ 확대 적용 방안

- 개발 제품은 노후저수지 보강공법용이지만 혼합처리공법, 지하수 차수공법, 저강도·고유동 채움공법, 사면 세굴방지, 옹벽 배면채움, 기초하부 치환 지지층 확보, 도로하부 연약지반 보강, 토류벽 뒷채움, 연약지반 표층개량 및 PHC 파일 채움재 등으로 확대 적용이 가능함.
- 또한, 해양구조물 기초에 적용하는 해상 심층혼합처리공법에 적용이 가능함.



○ 향후 추가 기술 개발 계획 및 추진 방향

- 세계정서 불안과 에너지 자원의 고갈에 따라 에너지 자원절감 중요성이 극대화 되는 시점에 최근 세계적으로 관심이 집중되고 있는 기술개발은 탄소중립으로, 국내의 기술개발 방향 또한 탄소 중립이 대세를 이루고 있음. 이에 건설/토목 재료 분야에서의 탄소 중립을 달성하기 위해 보다 적극적인 순환자원 활용 및 수치화된 탄소 중립화를 진행하고자 한다.
- 또한 개발 기술 및 제품의 탄소 중립화를 수치화하여 본 제품 사용시 시공처 및 발주처의 가점제도 부여 등에 필요한 정책 제안등을 실시하고자 한다.

[별첨자료] 참고문헌

1. “폐기물관리법 시행규칙”, 2016년 7월 21일 개정.
2. 홍원표, “표층고화처리된 초연약지반의 거동(I)”, ‘실내모형시험’, 대한토목학회논문집, 제 17권 34호, 1997.
3. 홍원표, “표층고화처리된 초연약지반의 거동(II)”, ‘현장 실험’, 대한토목학회논문집, 제 17권 34호, 1997.
4. 고희우 외, “탈황분진을 활용한 친환경 안정재의 심층혼합공법 적용성 평가”, 한국지반신소재학회 논문집, 제 15권 2호. 2016.
5. 한국세라믹학회 시멘트부, “사회환경 머티리얼”, 한림원, 2009.
6. 한국콘크리트학회, “콘크리트와 환경”, 제 2판, 기문당, 2016.
7. 한국지반신소재학회 단기강좌, “10.2 표층처리공법”, 2008.
8. 장창수, “준설풀토지반의 개량을 위한 표층고화처리에 관한 연구”, 경북대학교 석사학위논문, 2016.
9. 이병태 외, “중금속 오염토양의 생태영향 평가를 위한 지렁이의 독성동역학적 연구”, 대한자원환경지질학회, 2006.
10. Barton, N. (2007), Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, Taylor & Francis, London, UK.
11. Choi, J. R., Kim, S. S., Park, S. K., Shin, K. S., and Kang, B. C. (2013), “A Case Study of Electrical Resistivity and Borehole Imaging Methods for Detecting Underground Cavities and Monitoring Ground Subsidence at Abandoned Underground Mines”, Journal of the Korean Earth Science Society, Vol. 34, No. 3, pp. 195~208.
12. Kim, H. M., and Jang, K. J. (2011), “Evaluation of Field Application for the Mix Properties of the Thixotropic Grout”, Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 12, No. 9, pp. 4223~4238.
13. Korea Power Exchange (2019), 2019 Electricity Market Trends and Analysis, Annual Report, Korea Power Exchange, Naju, Republic of Korea.
14. Korea Power Plant Byproduct Recycling Association (2020), Generation and Recycling of Power Plant Byproducts from 5 Power Company, Static Information, Korea Power Plant Byproduct Recycling Association, Seoul, Republic of Korea.
15. KS L 5105 (2007), Testing method for compressive strength of hydraulic cement mortar, Korea Standards Association.
16. KS L 5405 (2016), Fly Ash, Korea Standards Association.
17. LAZARD (2020), Lazard’s Levelized Cost of Energy Analysis, Annual Report, LAZARD, New York, USA.
18. Lee, B. (2014), “Collapse Risk and Safety Management of Aging Reservoirs”, Journal of Disaster Prevention, Vol. 16, No. 4, pp. 20~25.
19. Lee, D. B., Lim. H. D., and Song, Y. S. (2018), “Permeation Grouting Effect for Repair and Reinforcement of Old Dam”, The Journal of Engineering Geology, Vol. 28, No. 2, pp. 277~295.
20. Lee, S. J., Kang, H. J., Lim. H. T., Jin, J. H., and Kim, Y. S.. (2019), “A Study on Application a Permeable Compacting Grout for Reservoir Impermeability Reinforcement”, Proceedings of the Korean Society of Agricultural Engineers Conference, Vol. 2019, pp. 161.
21. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (2018), Statistical Yearbook of Land and Water Development for Agriculture 2017, Government Publications Registration Number:11-1380000-000014-10.
22. Ministry of Trade, Industry and Energy (2020), The 9th Basic Plan on Electricity Demand and Supply, Announce No. 2020-741, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong, Republic of Korea.
23. Park, D. S., and Lim, H. D. (2016), “Stabilization of Dam Embankment by Low Pressure Permeation Grouting”, Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 16, No. 6, pp. 325 ~338.

24. Park, D. S., and Oh, J. H. (2016), "Statistical Analysis on In-situ Material Properties for Aged Cores of Earth-Cored Fill Dams", Journal of the Korean Society of Hazard Migigation, Vol. 16, No. 3, pp. 243~256.
25. Park, J. T., and Oh, H. S. (2018), "A Study on the Pozzlan Reactivity and Mechanical Characteristic of Blended Portland Cements using CFBC Fly Ash", Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, Vol. 6, No. 3, pp. 207~213.
26. Park, J. T., Oh, H. S., Jung, G. S., and Kang, C. H. (2020), "Application on the CFBC Fly Ash as a Stimulant to Improve the Early Strength of Hydration Portland Cement", Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, Vol. 8, No. 1, pp. 8~16.
27. Park, S. Y., Shim, H. G., Kang, H. J., Lim, O. B., G. F. Sami, and Kim, Y. S. (2017), "A Study on Hybrid Grout Material for Reservoir Embankment Reinforcement", Journal of Korean Geosynthetics Society, Vol. 16, No. 3, pp. 21~30.
28. Seo, S. G., Kim, Y. S., Lim, Y. H., and Cho, D. S. (2018), "Performance Evaluation of Pile-Filling Material Using High Calcium Ash by Field Loading Test", Journal of the Korean Geotechnical Society, Vol. 34, No. 6, pp. 17~24.
29. Shin, E. C., and Lee, J. K. (2012), "Safety Management Improving Way of Small Agricultural Reservoir", Journal of Korean Geosynthetics Society, Vol. 11, No. 3, pp. 53~58.
30. Soil Environment Conservation Act. No. 2017-22 (2017), Standard Test Method for Soil Contamination, Ministry of Environment.
31. Song, C. S. (2019), "Analysis of Deterioration Degree for the Dam Body of Agricultural Reservoir in Chungbuk Area by Management Agency", Journal of Agricultural Science-Chungbuk National University, Vol. 35, No. 1, pp. 19~31.
32. Song, S. H., and Seo, S. G. (2019), "A Study on the Application of Chemical Grouting Method for Aging Reservoir Reinforce according to the Change of Binder and using Water", Journal of the Korean Institute of Rural Architecture, Vol. 21, No. 4, pp. 45~52.
33. Rural Research Institute (2003), Development of Long-Term Monitoring Technique to Delineate the Leakage of Reservoir Dike, Report, Rural Research Institute, Ansan, Republic of Korea.
34. You, K. H., Jie, H. K., Seo, K. W., Kim, S. J., and You, D. W. (2012), "A Study on the Correlation between the Rock Mass Permeability Before and After Grouting & Injection Volume and the Parameters of Q System in a jointed Rock Mass Tunnel", Journal of Korean Tunneling and Underground Space Association, Vol. 14, No. 6, pp. 617~635.

< 별첨 >

별첨 자료
1. 상세보고서
2. 비즈니스 모델 및 마케팅전략 보고서(전문가 검증의견 첨부)
3. 기술가치 평가 보고서
4. 성과증빙자료
5. 시험시공 증빙자료

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통과학기술 연구개발사업 ‘국토교통기술 사업화
지원사업 기술 개발’ 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)에서
시행한 국토교통과학기술 연구개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.